

БІОТЕХНОЛОГІЇ ВОДИ НА ВІДКРИТОМУ ПОВІТРІ
OUTDOOR WATER BIOTECHNOLOGIES

*Гвоздяк П.І., д.б.н., професор, головний науковий співробітник Інституту
колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України
gvozdyak@ukr.net*

Вода, на відміну від, наприклад, нафти, не є корисною копалиною одноразового використання. Вода – це вічно відновлювальний Природою ресурс, у тому числі харчовий продукт багаторазового застосування для всіх на Землі сущих організмів.

Саме тому ретельне очищення антропогенно забруднених стічних, зливових вод слід вважати першим і найголовнішим етапом підготовки питної води.

Допоки цю просту, очевидну істину не усвідомлять люди, а для спеціалістів-водників вона не стане абсолютно обов'язковим керівництвом до дії, проблема води посилюватиметься аж до критично нестерпної.

Фізіологічно повноцінну питну воду можна приготувати лише з природної прісної води, бо Людство впродовж всього свого історичного (еволюційного) періоду розвитку зростало саме на відтворюваних Біосферою поверхневих (грунтових) водах.

Що більш забруднена вода у джерелах питного водопостачання, то більше число різноманітних технологічних етапів впливу на неї доводиться застосовувати, аби довести її якість до задекларованих в державних стандартах вимог. Проте будь-яке хімічне, фізичне чи фізико-хімічне втручання у воду віддаляє її якість від якості незайманої, природної води, робить її, за влучним висловом доктора медичних наук Л.І. Глоби, денатурованою і, відповідно, мало придатною до пиття.

Людство стратегічно змушене утримувати якість води в джерелах водопостачання на найвищому рівні, а для цього, по-перше, повністю

відновлювати якість зужитої води і, по-друге, надійно убезпечувати ці джерела від антропогенного забруднення та всіляко підсилювати самоочисний потенціал відкритих природних водойм.

Виконанню першого завдання, у тому числі і в першу чергу за рахунок найбільш екологічно дружніх біологічних методів очищення різноманітних стічних вод, присвячена маса досліджень і практичних дій, тоді як другому поки-що приділяється значно менша увага, що зобов'язує нас зупинитися саме на цій проблемі, вирішення якої цілком можливе внаслідок розвитку «біотехнологій води на відкритому повітрі», тобто безпосередньо в тих місцях, де з тих чи інших причин відбулося, чи продовжує здійснюватися антропогенне заневищення природних і штучних водойм.

Дане повідомлення стосується огляду розроблених в ІКХХВ НАН України і перевірених на практиці біотехнологій відновлення порушеної якості води у відкритих водоймах.

В пору Радянського Союзу деякі промислові підприємства (коксохімічні, нафтопереробні, лісотехнічні заводи тощо) вимушені були складувати («до кращих часів») свої екологічно дуже загрозливі, концентровані, надзвичайно забруднені рідкі виробничі відходи у спеціально виритих у землі, як правило захищених ущільненою глиною або полімерними плівками від проникнення рідини в підземні водні горизонти, котлованах, ямах – так званих «ставках – накопичувачах токсичних відходів» тощо. Ці відходи не можна було очистити жодними відомими тоді фізичними, хімічними, фізико-хімічними чи біологічними методами.

Успішні пошуки і «подвійна селекція» мікроорганізмів – деструкторів стійких, агресивних, ядовитих органічних сполук, у тому числі ксенобіотиків, дозволили нам розробити принципово нові біохімічні способи очищення таких рідких токсичних відходів і застосувати ці способи на практиці, причому безпосередньо в місцях складування відходів – біля і в самих ставках-накопичувачах, тобто реалізувати «біотехнології води на відкритому повітрі» («outdoor water biotechnologies») [1].

Першу спробу ліквідації такого ставка – накопичувача нафтовмісних відходів нафтопереробного заводу – було успішно здійснено на Дрогобицькому ВО «Масма» (Львівська область) [2]. Рання весна на березі ставка зусиллями заводу було споруджено спроектовану нами «біовежу» – фактично своєрідний, відкритий, доступний «усім вітрам» біофільтр – металічний каркас в плані $1,5 \times 1,5$ м, висотою 3 м з натягнутими доволі густо (через кожні 50 мм) розміщеними, довгими полотнищами ВІЙ з іммобілізованими на них бактеріями – деструкторами нафтопродуктів. Зверху носії ВІЯ через розприскувачі зрошувалися рідиною, яка подавалася зі ставка-накопичувача насосом і яка поверталася через піддон під біовежею назад у ставок, забезпечуючи таким чином постійну циркуляцію стічної води, що очищалася мікроорганізмами. Через місяць у ставок завезли асенізаційною машиною біля 3 м^3 активованого мулу з вторинного відстійника біологічних очисних споруд міста і продовжували перманентну циркуляцію води через біовежу. Одного літнього сезону було достатньо для перетворення вкритою суцільною нафтовою плівкою, смердючої, безжиттєвої калабані у позбавлений запаху, з плаваючою на прозорій воді ряскою, зарослий на берегах водними рослинами ставочок.

Наступними стали рідкі токсичні відходи лісохімічного заводу в с.м.т. Вигода Івано-Франківської області [2]. Ці висококонцентровані промислові стічні води складувалися в трьох невеликих, але зело смердючих рукотворних ставочках в хащах прикарпатського лісу неподалік самого заводу. Там ми скористалися селекціонованими асоціаціями бактерій, актиноміцетів і мікроміцетів, здатних біохімічно очищати важкі промислові стічні води виробництва дерево-волоконних плит (ДВП) з ХСК $\sim 3800 \text{ мг O}_2/\text{л}$, вмістом фенолів $\sim 400 \text{ мг/л}$, формальдегіду $\sim 300 \text{ мг/л}$, нафтопродуктів $\sim 600 \text{ мг/л}$, амонію $\sim 100 \text{ мг/л}$, лігнінів $\sim 1000 \text{ мг/л}$, а також лігносульфанатів та інших піноутворюючих поверхнево-активних речовин у невизначених концентраціях [3]. Мікроорганізми попередньо іммобілізували на носіях ВІЯ, які монтували на трьох виготовлених заводом біовежах, розміщених на берегах кожного ставка-

накопичувача. Біологічно очищувані впродовж літа простокі позбавилися хімічного смороду, стали абсолютно нетоксичними для гідробіонтів активованого мулу, і восени ними було зрошено оточуючий ставочки ліс.

Коксохімічному виробництву притаманне утворення великої кількості стічних вод, значних об'ємів газових викидів, а також надзвичайно токсичних та агресивних рідких відходів. Останні характеризуються низьким рівнем рН, високим вмістом екологічно небезпечних органічних (піридин, ціаніди, фенол тощо) та неорганічних (амоній, аміак, сульфати, хлориди, іони заліза і т.п.) речовин. Ці технологічні відходи не мали відповідних методів знешкодження і їх складували у спеціально створюваних ставках-накопичувачах, які становили велику загрозу для довкілля та місцевого населення.

Сумісними зусиллями працівників ТОВ «Енвітек» (В.Л. Михайловський, М.Л. Михайловська), НТУУ «КПІ» (В.М. Радовенчик) нам вдалося розробити і реалізувати хіміко-біологічну технологію очищення цих простоків [4].

В результаті хімічної нейтралізації рідких токсичних відходів (РТВ) у ставку-накопичувачі ВАТ “МК “Азовсталь” створилися сприятливі умови для біологічної реконвалесценції цього штучного озера. З цією метою побудовану і використану станцію нейтралізації було переобладнано на двоступеневу біологічну очисну споруду, де в першому – аеробному – біореакторі здійснювався безперервний процес розкладу органічних забруднень іммобілізованими на носіях ВІЯ гетеротрофними мікроорганізмами і окиснення амонію до нітриту іммобілізованими на цих же носіях автотрофними нітрифікаторами, а в другому – аноксидному – біореакторі відбувалося біологічне окиснення амонію нітритами з утворенням вільного азоту (N_2) за участі іммобілізованих на носіях ВІЯ хемолітоавтотрофних ANAMMOX – бактерій.

Реалізований вперше в Україні у промислових масштабах ANAMMOX-процес дозволив відмовитися від використання значної (біля 1000 тонн!) кількості метанолу, що його потрібно було б зужити у випадку звільнення води від амонійного азоту за традиційною біотехнологією нітри-денітрифікації.

На території колишнього ВО «Хімволокно» в м. Чернігові розташований штучний ставок, в якому більше 25 років зберігалось близько 1600 м³ промислових стічних вод виробництва полімеру «анід», що містили токсичний аліфатичний амін гексаметилендіамін, концентрація якого у стічних водах сягала дуже високих як для стоків значень – 2500÷4000 мг/л. Ці промислові стічні води дістали промовисту назву «мертва вода».

В результаті проведеного дослідження розроблено «біотехнологію води на відкритому повітрі», яка повністю відтворює природні процеси трофічних ланцюгів і сіток та не створює жодних небезпечних відходів і може бути широко застосована для очищення стічних вод не лише від ГМД, але й від будь-яких інших токсичних забруднень у штучних ставках, накопичувачах рідких токсичних відходів тощо [5,6].

1. Гвоздяк П.І. Біологічна охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *XV Міжнародна науково-практична конференція*. Кременчук. 2017. С. 23.
2. Гвоздяк П.И., Глоба Л.И. Научное обоснование, разработка и внедрение в практику новых биотехнологий очистки воды. *Химия и технология воды*. 1998. т. 20, № 1. С. 61 – 69.
3. Загорная Н.Б., Гвоздяк П.И., Никовская Г.Н., Глоба Л.И., Залевский В.С. Биотехнология очистки сточных вод производства древесно-волоконистых плит. *Химия и технология воды*. 1992. т.14, № 6. С. 452 – 458.
4. Гвоздяк П.І., Михайловський В.Л., Михайловська М.В. Використання ANAMMOX-процесу в оздоровленні ставка накопичувача токсичних відходів коксохімічного заводу. *Водопостачання та водовідведення*. 2013. 4/13. С.40-45.
5. Гвоздяк П.І., Сапура О.В., Чехівська Т.П. Біотехнологічне знешкодження гексаметилендіамінвмісних промислових токсичних відходів у ставку-накопичувачі. *Вісник НУВГП*. 2015. 1(69). С. 102-111.

6. Домбровский К.О., Гвоздяк П.І. Біологічне доочищення промисловиз
стічних вод від гексаметилендіаміну за допомогою угруповань
перифітону волокнистого носія «ВІЯ» та кореневої системи *Eichhornia*
crassipes. *Гидробиологический журнал*. 2018. т.54, № 2. С. 70–78.